



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 44 580 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 64 B 1/40

②① Aktenzeichen: 197 44 580.2
②② Anmeldetag: 4. 10. 97
④③ Offenlegungstag: 15. 4. 99

DE 197 44 580 A 1

⑦① Anmelder:
Bock, Jürgen, Dipl.-Phys., 27804 Berne, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑤④ **Sphärisches Luftschiff zum Transport schwerer Lasten**

⑤⑦ Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein kugelförmiges Luftschiff, das im Bereich der unteren Kugelkalotte schwere, konzentrierte Lasten aufnehmen und transportieren kann. Hierbei wird die Halterungsstruktur für die Nutzlast an einer sich im Bereich der Äquatorebene in der Innenseite befindlichen steifen Ringkonstruktion mittels geeigneter Zügelemente, die radial-symmetrisch um die Hochachse nach Art eines umgekehrten stumpfen Kegels angeordnet sind, aufgehängt.
Durch diese Anordnung werden die in der Außenhaut des sphärischen Luftschiffs auftretenden Membranspannungen vorteilhaft beeinflußt und begrenzt.

DE 197 44 580 A 1

1. Einleitung

Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein motorisiertes Freiballonsystem zum Transport von Lasten und/oder Personen über kurze Entfernungen mit Hilfe seitlich angebrachter Antriebssysteme, die sowohl für richtungsgesteuerten Vortrieb als auch für die Erzeugung von Auf- und Abtriebskräften ausgelegt sind. Der überwiegende Teil des Auftriebs wird allerdings durch ein geeignetes Traggas (vorzugsweise unbrennbares Helium) geliefert.

Das sphärische Luftschiff wird von einer wetterfesten und ultraviolett-beständigen Außenhülle umgeben, die durch geeignete starre Ringkonstruktionen und Stringerelemente – ähnlich wie bei einem starren bzw. halbstarren Luftschiff – ausgesteift wird. Gondel sowie Lastaufnahmeverrichtungen und Verankerungswinschen sind in der unteren Kugelkalotte integriert.

2. Stand der Technik

Für den Lufttransport über kurze Entfernungen, bei unzugänglichem Gelände und ohne vorhandene Start- und Landebahnen hat sich der Einsatz von Hubschraubern als die bevorzugte Methode bewährt. Trotz seiner erwiesenen Vielseitigkeit weist der Hubschrauber aber einige ins Gewicht fallende Nachteile auf, z. B. hohe Wartungs- und Treibstoffkosten, begrenzte Tragfähigkeit und technologische Grenzen hinsichtlich des Vergrößerungspotentials des Systems an sich. Auch kann die Lärmbelastigung in verschiedenen Fällen nicht toleriert werden.

Freiballons können erwiesenermaßen für erhebliche Lasten ausgelegt werden, sind aber praktisch völlig vom Wind abhängig und daher nicht für einen planmäßigen Punkt-zu-Punktverkehr geeignet. Das Bestreben, Freiballons durch Motorkraft unabhängig und über große Entfernungen steuern zu können, hat historisch zu der Entwicklung von sehr leistungsfähigen Luftschiffen (z. B. Zeppelin) geführt. Diese sind dank der schlanken stromlinienförmigen Gestaltung vornehmlich für den Transport über weite Entfernungen bzw. über lange Zeiträume geeignet. Dagegen ergeben sich beim Aufnehmen und Absetzen konzentrierter Lasten (Punktlasten) in dem schlanken Luftschiffkörper erhebliche Biegemomente. Außerdem beanspruchen am Boden verankerte Luftschiffe als Minimum ein kreisförmiges Feld mit dem Radius einer Schiffslänge, damit sich das Schiff nach Art einer Wetterfahne gegen jede mögliche Windrichtung einstellen kann.

Die in der vorliegenden Erfindung als essentiell betrachtete Betriebsform ist ähnlich dem Hubschrauber die Vertikalbewegung, während die Horizontalbewegung lediglich dem Versetzen der Nutzlast und der Kompensation der Windeinflüsse dient. Damit ist es auch nicht zwingend notwendig, den Widerstandskoeffizienten des betrachteten Systems zu minimieren, da der Luftwiderstand durch die relativ kleine Horizontalgeschwindigkeit ohnehin in Grenzen gehalten wird.

Es sind bereits eine Reihe von traggasgestützten Hebe- und Transportsystemen konzipiert und z. T. auch getestet worden, die allerdings erhebliche Nachteile aufwiesen, wie sie bei einer idealen Kugelgestalt nicht auftreten. Als Beispiel seien die hohen Gier- und Kippmomente genannt, wie sie bei Schräganströmung bei Stromlinienkörpern bzw. Ellipsoiden auftreten. Diese Momente lassen sich im allgemeinen nur mit entsprechend dimensionierten Leitwerken kompensieren.

3. Durchführbarkeit

Das erfindungsseitig beschriebene Prinzip der Fortbewegung und Auftriebsregelung mit Hilfe von seitlich am Aerostaten angebrachten Antriebssystemen ist durch mehrere kanadische Prototypen an einem kleinen kugelförmigen Luftschiff als durchführbar bewiesen worden.

Allerdings ist besagtes Konzept auf die Anwendung als preiswertes Sport- und Werbeluftschiff mit begrenzter Tragkraft gedacht und beschränkt sich daher auf herkömmliche Ballontechnologie. Bei einer Großausführung zum Transport von Lasten von 100 – 300 Tonnen ergeben sich jedoch erhebliche Probleme hinsichtlich der Krafteinleitung und Formerhaltung, welche durch die vorliegende Erfindung gelöst werden sollen.

4. Beschreibung

4.1 Systemaufbau

Das Gerät besteht nach **Abb. 1** aus einer kugelförmigen äußeren wetterfesten und ultraviolett-beständigen Hülle (a), deren untere Kalotte (b) als integrierte Gondel (c) einschließlich Lastaufnahmeverrichtung (d) und Verankerungssystem (e) ausgebildet ist. Besagte Gondel (c) ist hierbei als eigensteife Baugruppe anzusehen.

Im Inneren befindet sich oberhalb des Kugeläquators ein horizontaler Versteifungsring (f), der mit der äußeren tragenden Hüllkonstruktion fest verbunden ist, wie in **Abb. 2** gezeigt. An besagtem Versteifungsring (f) ist nunmehr die Gondel (c) mittels geeigneter Seile, Kabel oder anderweitiger Zugelemente (g) aufgehängt, so daß sich eine um die Hochachse radialsymmetrische Konfiguration von Zugelementen ergibt, die einem auf den Kopf gestellten stumpfen Kegel ähnelt (siehe **Abb. 2**).

Die außen seitlich angebrachten Triebwerksanlagen (h) (h') sind ebenfalls an besagtem Versteifungsring aufgehängt. Zur Stabilisierung sind außerdem Streben (i) vorgesehen, die sich ihrerseits wiederum an entsprechenden versteifenden Elementen (j) der Hüllkonstruktion abstützen. Zum Zweck der Motorenwartung sind die Triebwerksgondeln vom Inneren der Hülle aus zugänglich.

Ferner befindet sich in der Hülle zumindest ein Ballonet (k) zum Ausgleich von Druck- und Temperaturschwankungen des Traggases. Dieses Ballonet ist mit der Außenluft verbunden und kann gegebenenfalls auch in bekannter Weise nach Art der Prallluftschiffe kontrolliert druckbeaufschlagt werden.

4.2 patentrelevante Komponenten

4.2.1 Lasttragender Versteifungsring

Besagter lasttragender Versteifungsring (f) überträgt die durch das Traggas erzeugten Membranspannungen der Hülle als Auftriebskraft über die Zugelemente (g) in die integrierte Gondel (c). Hierdurch wird bewirkt, daß die Membranspannungen unterhalb der Ebene des Versteifungsringes (f) erheblich reduziert werden, was sowohl zur Erhaltung der Kugelform als auch zur Materialersparnis dienlich ist.

Der lasttragende Versteifungsring (f) wird vorzugsweise als ringförmige eigensteife Dreiecksgitterkonstruktion ausgeführt, wobei zwecks Vermeidung von Torsionsspannungen im Ring die Zugrichtung vorzugsweise in Richtung der Winkelhalbierenden des Winkels erfolgt, der durch den Zuganschlußpunkt und die davon ausgehenden Gitterstreben gebildet wird (**Abb. 3**).

Besagter lasttragender Versteifungsring kann aber auch

als toroidförmige Schalenkonstruktion mit an gepaßtem Querschnitt ausgeführt werden. Eine derartige Ausführung wäre intern begehbar und hätte den Vorteil verbesserter Inspektionsmöglichkeiten. In diesem Falle wäre es aber unerläßlich, daß an den tragenden Anschlußpunkten der Zugkraft entsprechende Aussteifungen zur Krafteinleitung vorzusehen.

4.2.2 Integrierte Gondel

Die integrierte Gondel (c), bestehend aus dem Kabinenteil (l) für die Besatzung und eventuelle Passagiere, der Lastaufnahmevorrichtung (d) und dem Verankerungssystem (e). Die integrierte Gondel ist als eigensteife Konstruktion derart ausgebildet, daß die eingeleiteten Hubkräfte besagter Zugelemente (g) des Aufhängesystems in Lastkonzentrationspunkte der Lastaufnahmevorrichtung (d) und des Verankerungssystems (c) effizient fortgeleitet werden.

Der Kabinenteil (l) beinhaltet alle Einrichtungen, die die Unterbringung und Versorgung der an Bord befindlichen Personen betreffen. Durch periphere Fensterreihen wird zudem ein exzellenter Panoramablick ermöglicht. Außerdem befindet sich an geeigneter Stelle, vorzugsweise in Fahrtrichtung-, das Cockpit bzw. die Kommandobrücke, von der aus alle Funktionen zentral gesteuert werden können.

Die Lastaufnahmevorrichtung (d) beinhaltet alle Elemente zum Heben und sicheren Verriegeln von schweren Lasten. Zur Erhaltung der aerodynamisch perfekten Kugelform wird die aufgehängte Nutzlast durch eine entsprechende Kalotte abgedeckt.

Das Verankerungssystem (e) besteht aus einem ringförmigen Trag-System, in dem eine Anzahl von Ankerwischen untergebracht ist. Durch die Vielzahl von Leinen (m) kann eine pyramidenförmige Verankerung am Boden bewirkt, die nicht nur den Vorteil einer größeren Redundanz gewährt, sondern es der Schiffsführung mittels geeigneter Winstensteuerung auch ermöglicht, die gewünschte Lastaufnahme und -abgabe punktgenau anzufahren.

5. Analyse der Hüllen-Membranspannungen

Abb. 4 zeigt die Membranspannungen im Falle eines sphärischen Luftschiffs mit einem Durchmesser von 70 m. Durch den Auftrieb des Traggases erhöht sich der Innendruck linear mit der Höhenlage, so daß am oberen Pol die höchste Druckdifferenz vorherrscht. Der Innendruck wird in Membranspannungen der Außenhaut umgesetzt, welche letztendlich in die Peripherie der integrierten Gondel (also der unteren Kugelkalotte) eingeleitet werden. In der Höhenlage des Gondelanschlusses herrscht dann die Druckdifferenz Null.

Analog den Längen- und Breitengraden zerfallen die Membranspannungen in vertikale (longitudinale) und Ringspannungen. Aus **Abb. 4** ist ersichtlich, daß die Vertikalspannungen nach unten hin zunächst abnehmen, dann aber deutlich zunehmen, während die Ringspannungen in Abwärtsrichtung zunächst steigen, dann aber abnehmen; unterhalb des Äquators werden sie sogar negativ, d. h. es treten zunehmende Druckspannungen auf. Dieser Effekt ist bekannt und führt dazu, daß Ballone, bei denen die Gondel am unteren Ende an der Außenhaut aufgehängt sind, infolge derartiger Druckspannungen die Form einer Zwiebel annehmen. Durch diese Verformung wird nämlich besagte Druckspannung auf Null reduziert.

Zur Vermeidung von negativen Ringspannungen (Druckspannungen) bzw. zur Erhaltung der Kugelform kann das sphärische Luftschiff nach Art der Prallluftschiffe mit einem zusätzlichen Innendruck beaufschlagt werden, wodurch eine

additive Vorspannung in der Hülle erzeugt wird.

Abb. 5 zeigt den Verlauf der entsprechenden Vertikal- und Ringspannungen, und man erkennt, daß sich die in **Abb. 4** gezeigten Kurven in Richtung höherer Membranspannungen verschoben haben und daß keine negativen Ringspannungen mehr auftreten. Der Nachteil dieser Druckbeaufschlagung liegt vor allem in den wesentlich erhöhten Zugspannungen in der Außenhaut.

Erfindungsseitig wird daher ein horizontal angeordneter Ringträger oberhalb der Äquator-Ebene vorgesehen, an dem die Gondel mittels geeigneter Zugelemente aufgehängt ist. **Abb. 6** zeigt den entsprechenden Verlauf der Membranspannungen. Man erkennt, daß in der Ebene der Krafteinleitung sowohl bei den Vertikal- als auch bei den Ringspannungen eine Unstetigkeit auftritt, bei der die Vertikalspannungen sprunghaft abnehmen und die Ringspannungen sprunghaft zunehmen, dann aber in Abwärtsrichtung schnell abnehmen und in der Gondelanschlußebene gegen Null gehen.

Vorteile gegenüber der zuvor angegebenen Gondelaufhängung sind:

1. Keine negativen Membranspannungen (Druckspannungen)
2. Keine Druckbeaufschlagung notwendig
3. Erheblich geringere maximale Membranspannungen

Patentansprüche

1. Ein mit Motorkraft angetriebener kugelförmiger Aerostat, **dadurch gekennzeichnet**, daß die untere Kugelkalotte als eine integrierte Gondel ausgebildet ist.
2. Ein kugelförmiger Aerostat nach (1), bei dem oberhalb der Äquatorebene inwendig ein horizontal liegendes ringförmiges Tragwerk installiert ist, das an seinem Außenumfang mit der Außenhülle kraftschlüssig verbunden ist
3. Ein kugelförmiger Aerostat nach (1) und (2), bei dem besagte integrierte Gondel mittels geeigneter Strukturelemente an besagtem ringförmigen Tragwerk aufgehängt ist.
4. Ein kugelförmiger Aerostat nach (3), bei dem zwei außerhalb der Hülle diametral zueinander angeordnete Triebwerksaggregate an besagtem ringförmigen Tragwerk aufgehängt sind.
5. Ein kugelförmiger Aerostat nach (4), bei dem besagte Triebwerksaggregate durch geeignete Streben stabilisiert werden, die an entsprechenden Aussteifungen der Hüllenkonstruktion bzw. der integrierten Gondel angeschlossen werden.
6. Ein kugelförmiger Aerostat nach (4) und (5), bei dem durch kontrollierten differentiellen Schub der Triebwerke eine Änderung der Fahrtrichtung bewirkt werden kann.
7. Ein kugelförmiger Aerostat nach (5) und (6), bei dem besagte Antriebsanlagen durch geeignete Schubvektorsteuerung auch zur Erzeugung von Auf- und Abtriebskräften verwendet werden können und somit die Wirkung der vorhandenen aerostatischen Auftriebskraft wahlweise verstärken oder verringern.
8. Ein kugelförmiger Aerostat nach (7), bei dem die vertikalen Schubkomponenten auch durch geeignete steuerbare Ablenkungsschaufeln oder -lamellen im Propulsionsstrahl erzeugt werden können.
9. Ein ringförmiges Tragwerk nach (1), (2) und (3), das als ringförmig geschlossener Dreiecks-Gitterträger

ausgebildet ist, der mit geeigneten Anschlußpunkten für die Aufhängung besagter integrierter Gondel versehen ist.

10. Ein ringförmiges Tragwerk nach (9), bei dem Zu- 5
richtung der Gondelaufhängung vorzugsweise mit einer Winkelhalbierenden des Dreieck-Querschnitts zusammenfällt.

11. Ein ringförmiges Tragwerk nach (2) und (3), das auch als toroidartige Schalenbaukonstruktion ausgebil- 10
det werden kann.

12. Ein kugelförmiger Aerostat nach (1), der mit mindestens einem luftgefüllten Ballonet zum Ausgleich von Volumenschwankungen des Traggases versehen ist, wobei besagtes Ballonet mit der umgebenden Atmosphäre verbunden ist und gegebenenfalls auch mit 15
geeigneten Vorrichtungen zur Erzeugung eines kontrollierten Überdrucks im Ballonet versehen werden kann.

13. Eine kalottenförmige integrierte Gondel nach (1), in der vorzugsweise in verschiedenen Stockwerken die 20
Besatzung, das Cockpit sowie wahlweise Passagiere, Fracht und andere Nutzlasten untergebracht werden können.

14. Eine kalottenförmige integrierte Gondel nach (1) und (13), bei der das den unteren Kugelpol umgebende 25
Kalottenvolumen als Stauraum für schwere/sperrige Nutzlasten vorgesehen ist, welche an der Gondelstruktur mittels geeigneter Halte und Heißvorrichtungen aufgehängt sind.

15. Eine kalottenförmige integrierte Gondel nach (14), 30
bei der die den unteren Kugelpol umgebende Kalottenschale als aerodynamische Verkleidung besagten Stauraums ausgebildet ist.

16. Eine den unteren Kugelpol umgebende Kalottenschale nach (15), die wahlweise auch als Schwimmkörper 35
ausgebildet werden kann.

17. Eine kalottenförmige integrierte Gondel nach (14), bei der ein ausgesteiftes, besagten Stauraum umgebendes ringförmiges Tragwerk vorgesehen ist, das mit der 40
Gondelstruktur starr verbunden ist und das zur Aufnahme einer Anzahl von radialsymmetrisch angeordneten Ankerwischen dient.

18. Eine Anzahl von radialsymmetrisch angeordneten Ankerwischen nach (17), die zur Verankerung des 45
Luftschiffs an entsprechenden, ebenfalls radialsymmetrisch angeordneten Bodenankern vorgesehen sind.

19. Eine Anzahl von radialsymmetrisch angeordneten Ankerwischen nach (17) und (18), die durch gesteuerten Antrieb eine exakte Positionierung des sphärischen 50
Luftschiffs über einem vorgegebenen Punkt erlauben.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

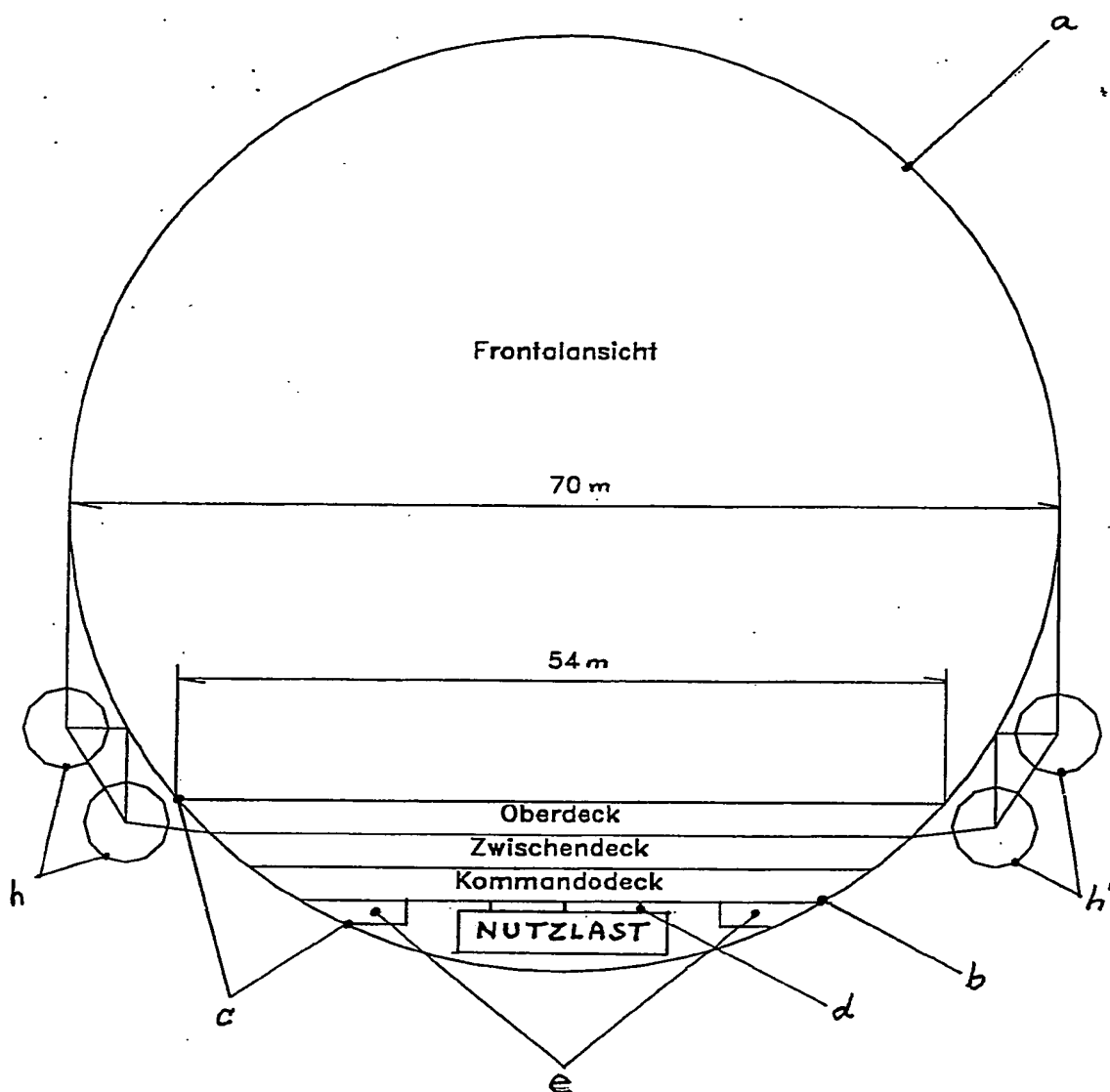


Abb. 1: Gesamtansicht des sphärischen Luftschiffs

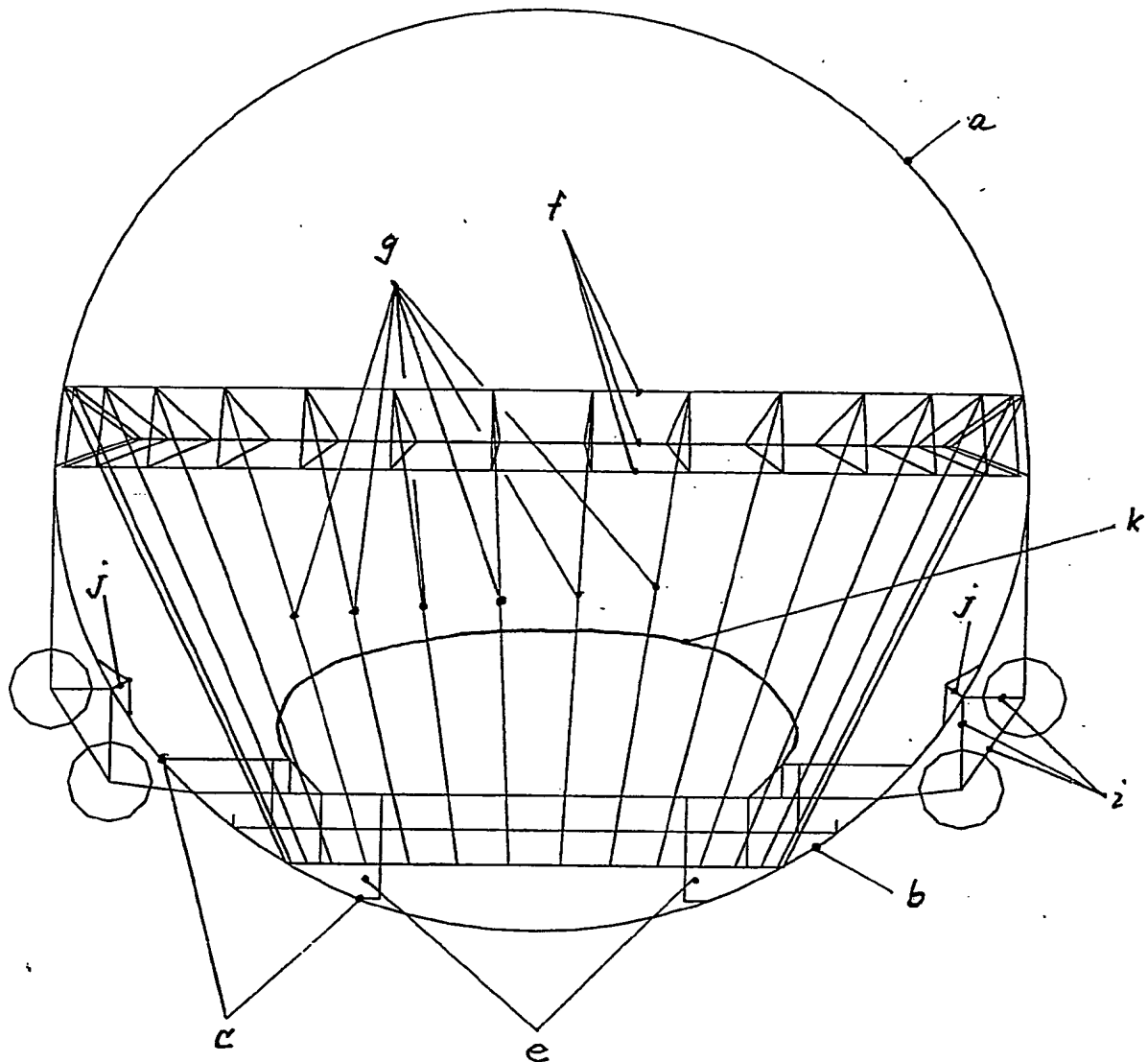


Abb. 2: Innenansicht des sphärischen Luftschiffs

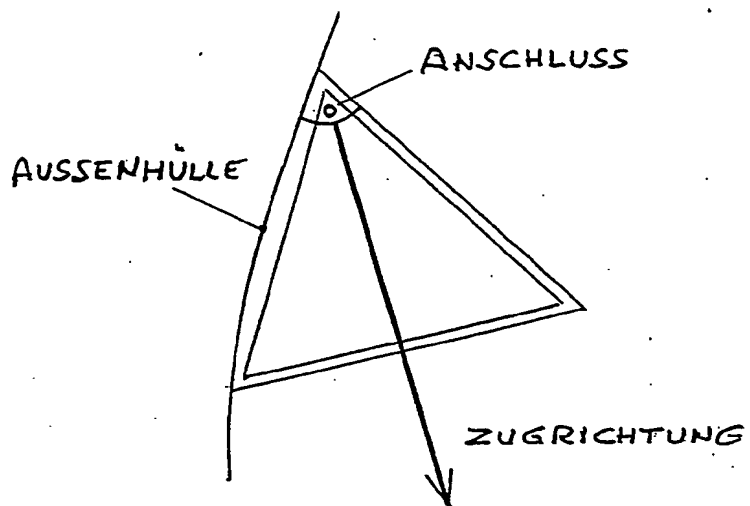


Abb.3: Anschlußpunkt der Lastaufhängung im gitterförmigen lasttragenden Versteifungsring

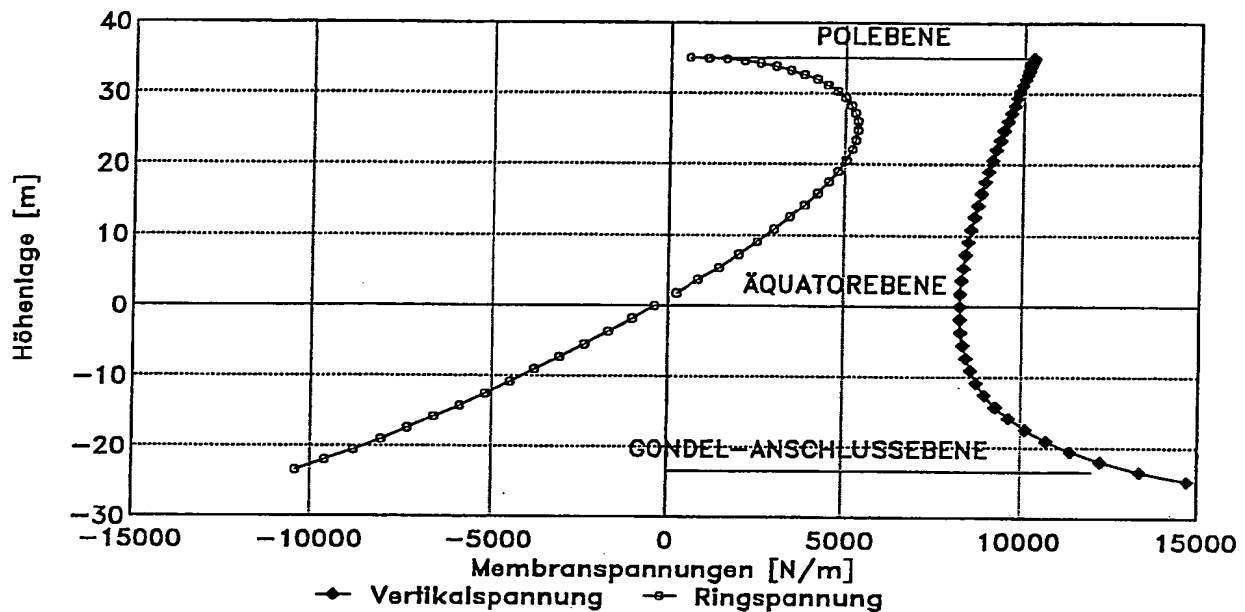
Vertikal- und Ringspannungen
 ohne Ringträger – drucklos


Abb.4: Membranspannungen bei an Außenhaut aufgehängter Gondelkalotte - ohne zusätzliche Druckbeaufschlagung

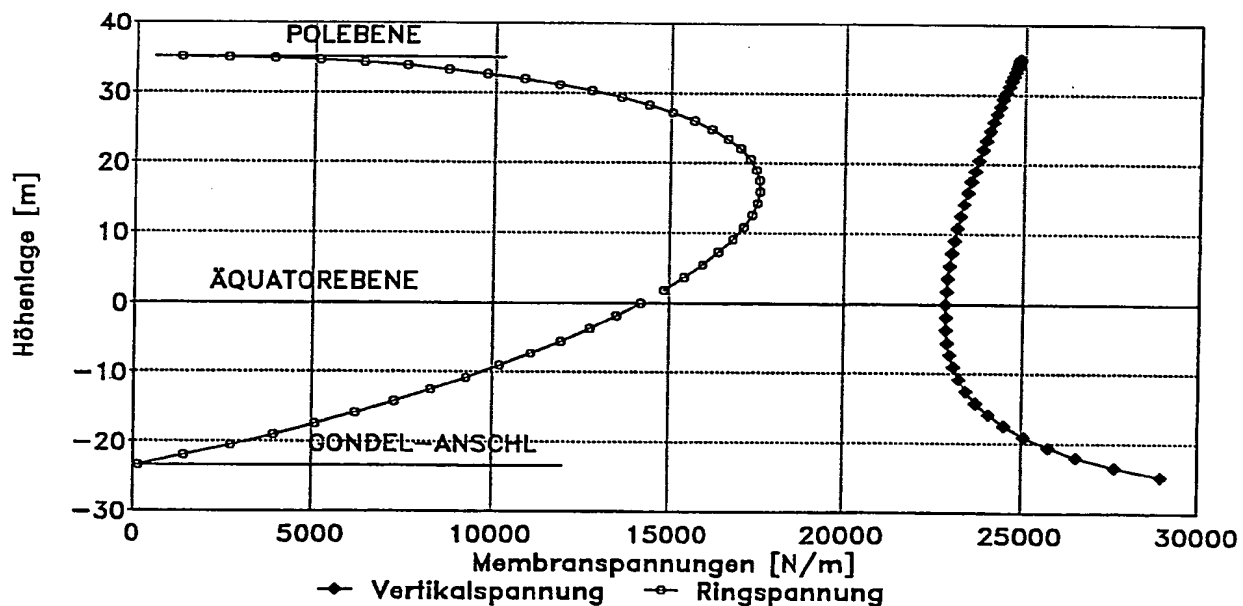
 Vertikal- und Ringspannungen
 ohne Ringträger – 85 mm WS


Abb.5: Membranspannungen bei an Außenhaut aufgehängter Gondelkalotte - mit 85 mm WS zusätzlicher Druckbeaufschlagung

Vertikal- und Ringspannungen Ringträger oberhalb des Äquators

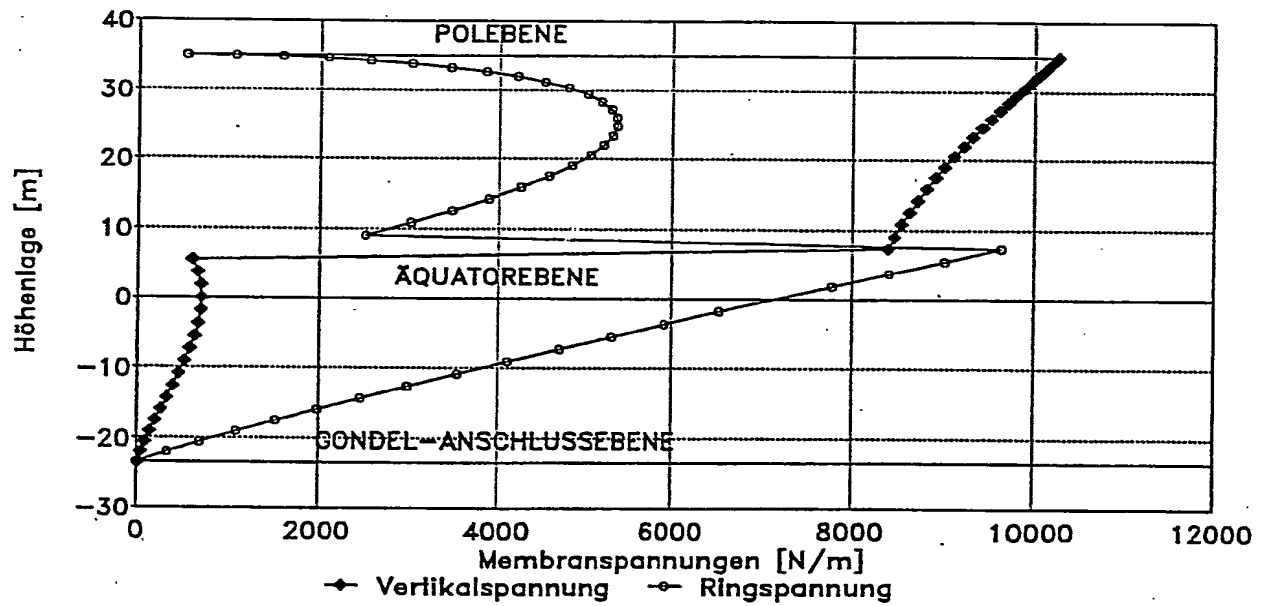


Abb.6: Verlauf der Membranspannungen bei Verwendung eines oberhalb der Äquatorebene angebrachten Ringträgers